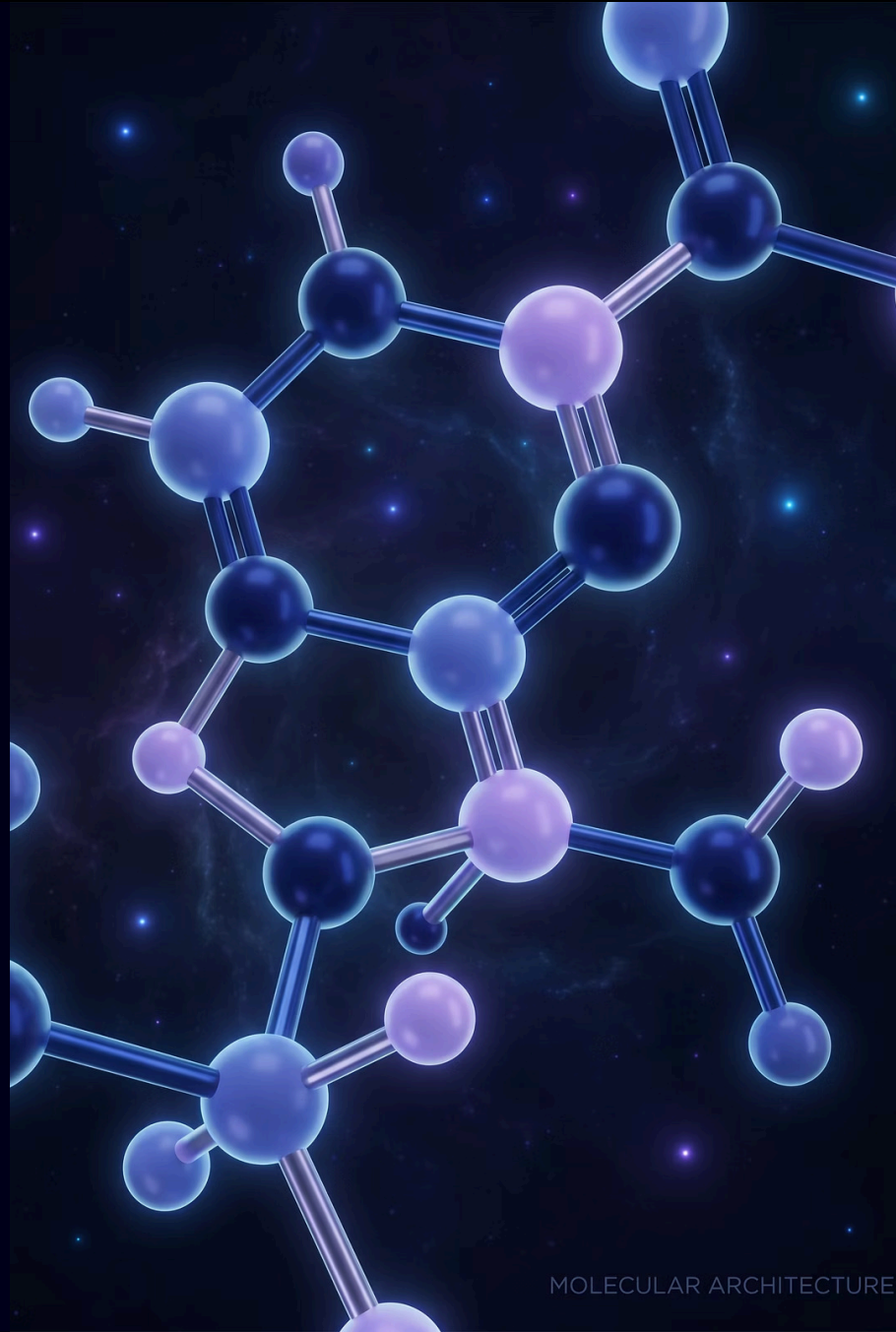
Moleküler Mimari: Diastereomerler ve Mezo Bileşikler

Ders Sunumu

Teradigma

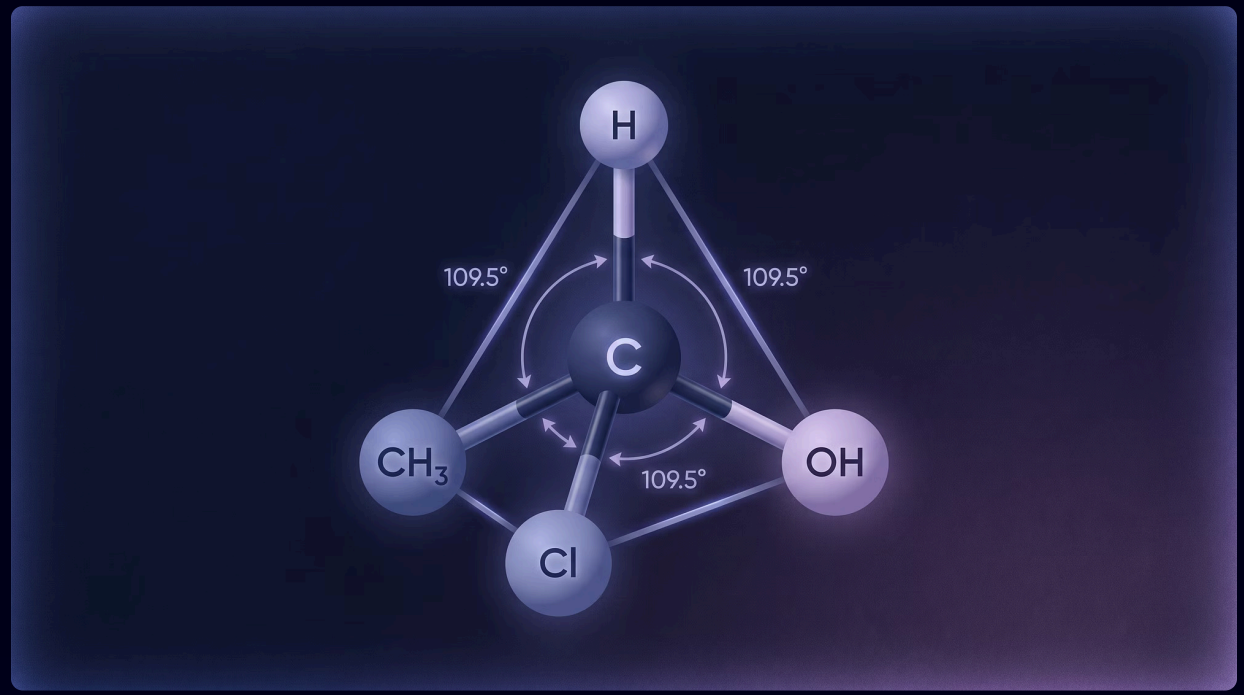


Atomlar Aynı, Madde Farklı — Bu Nasıl Olur?

Aynı karbon, hidrojen ve oksijen atomları; üç boyutlu uzayda aldıkları **konuma** göre şifa ile zehir, tatlı ile acı arasındaki devasa farkı ortaya çıkarır.

- Maddenin "ne" olduğundan ziyade "nasıl durduğu" belirleyicidir
- Atomların uzaydaki yönelimini inceleyen ilme **stereokimya** denir

> 🤔 *Peki aynı hammaddeden bu kadar farklı sonuçlar çıkması sana neyi düşündürüyor?*



Karbon Atomunun Geometrik Mimarisi

Karbon atomuna dört farklı grup bağlandığında, bu dört kol rastgele değil, bir piramidin köşelerine uzanacak şekilde yaklaşık **109,5 derecelik** kusursuz bir açıyla konumlandırılır.

- Bu geometrik düzen molekülün uzayda kapladığı hacmi ve şekli tayin eder
- Dört farklı gruba sahip karbon merkezi **kiral** (elli) özellik kazanır

Tetrahedral geometri: dört farklı grup → kiral merkez → 109,5° bağ açısı

Sağ El, Sol El — Kiralite Nedir?

Sağ elin sol elin ayna görüntüsü olması ama sol eldivene sığmaması gibi, bazı moleküller de birbirine benzeyen ama asla üst üste çakışmayan sağ ve sol elli formlardadır.

- Bu özelliğe **kiralite** (ellik) denir
- Stereoizomerler ailesi iki ana sınıfa ayrılır: **Enantiomerler** ve **Diastereomerler**

Enantiomerler

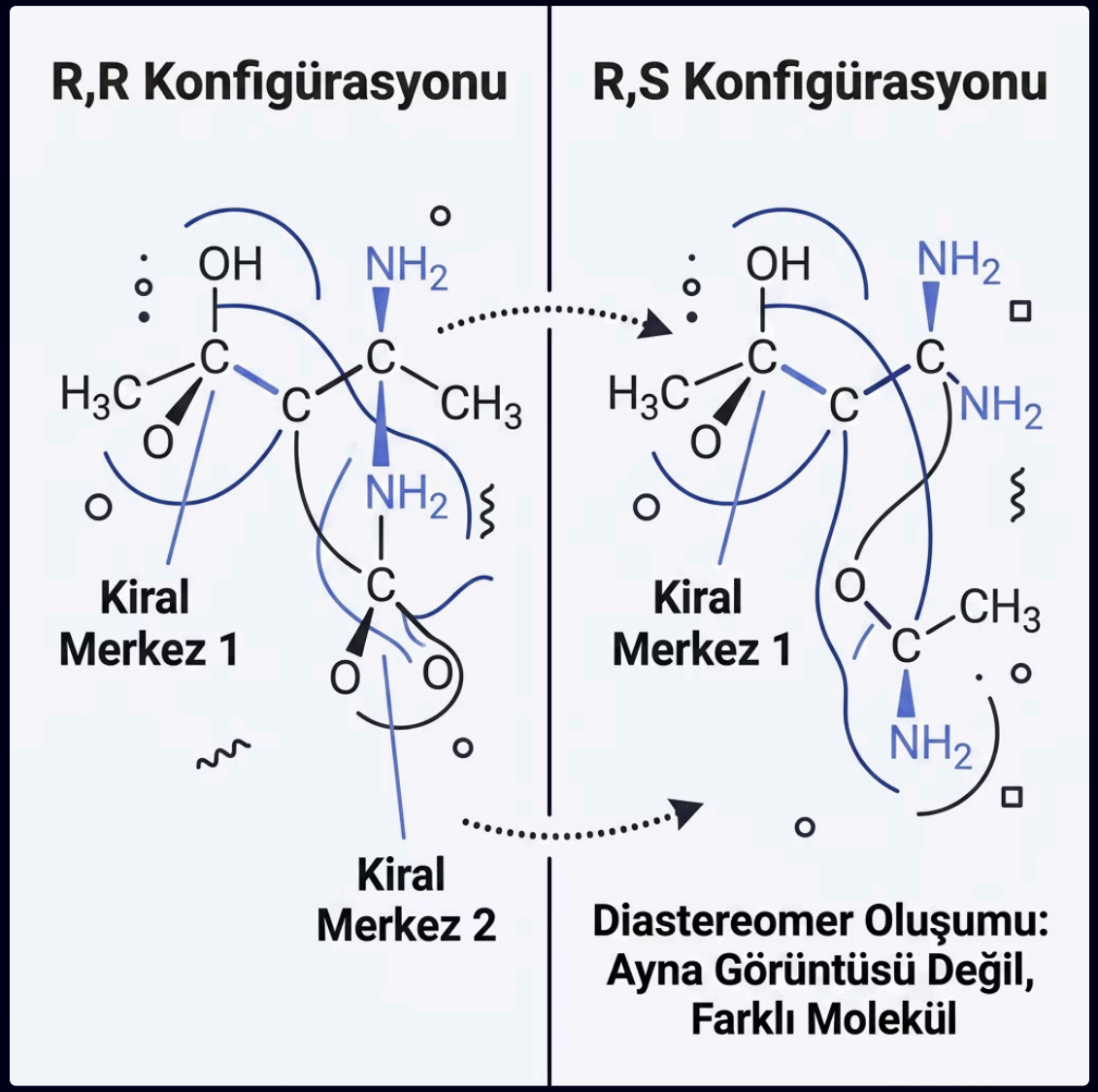
Birbirinin ayna görüntüsü olan stereoizomerler

Diastereomerler

Ayna görüntüsü olmayan stereoizomerler

Diastereomerler: Aynada Tanımadığın Yabancı

Diastereomerler, stereoizomer oldukları hâlde birbirinin ayna görüntüsü *olmayan* moleküllerdir.



- Birden fazla kiral merkeze sahip moleküllerde görülür
- Kiral merkezlerden bazılarının yönü değiştirildiğinde (örneğin R,R'den R,S'ye) ayna görüntüsü değil, bambaşka bir molekül elde edilir

> 🤔 *Atomlar aynı olduğu hâlde neden bu kadar farklı bir madde ortaya çıkıyor?*

Diastereomerlerin Farklı Özellikleri

Enantiomerlerin aksine diastereomerler, birbirinden tamamen farklı fiziksel özelliklerle donatılmıştır.

Erime & Kaynama Noktaları

Her diastereomerin kendine özgü erime ve kaynama noktası vardır; birbirinden belirgin şekilde ayrışır

Çözünürlük

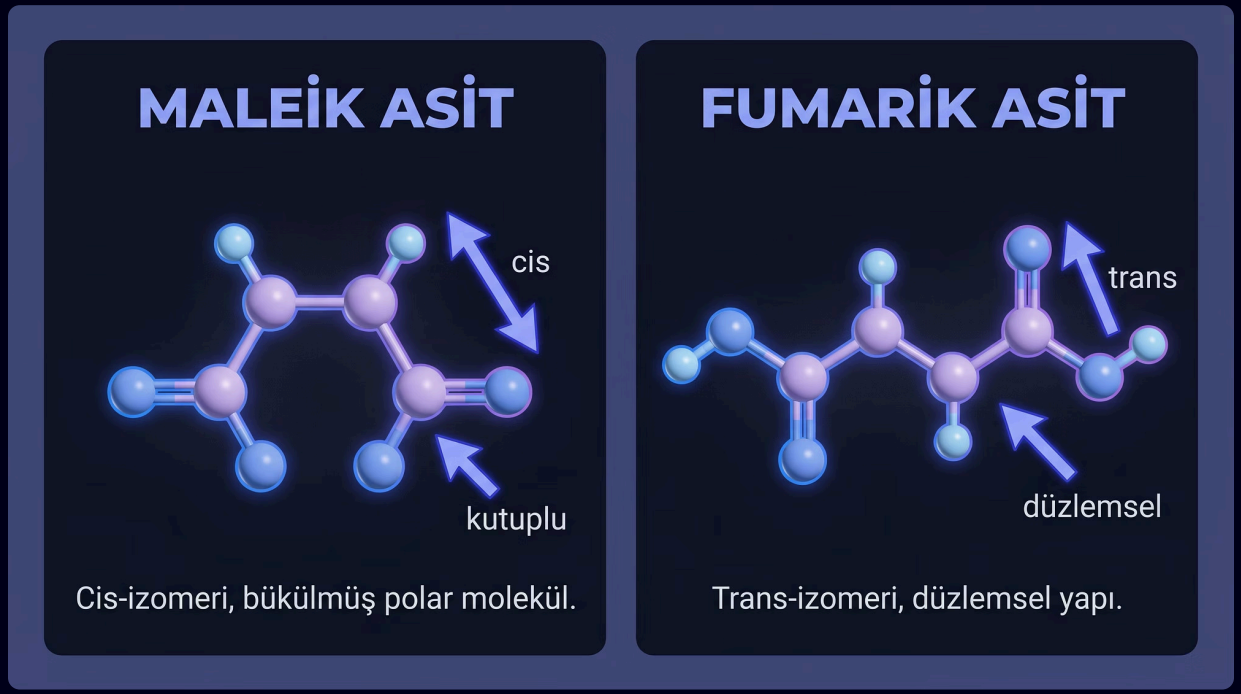
Aynı çözücüde farklı çözünürlük değerleri gösterirler; bu fark bazen dramatik boyutlara ulaşır

Yoğunluk

Kristal örgüsündeki farklı paketlenme nedeniyle yoğunlukları da birbirinden ayrışır

Ayrıştırma

Damıtma veya kristallendirme gibi klasik yöntemlerle birbirinden kolayca ayrıştırılabilirler



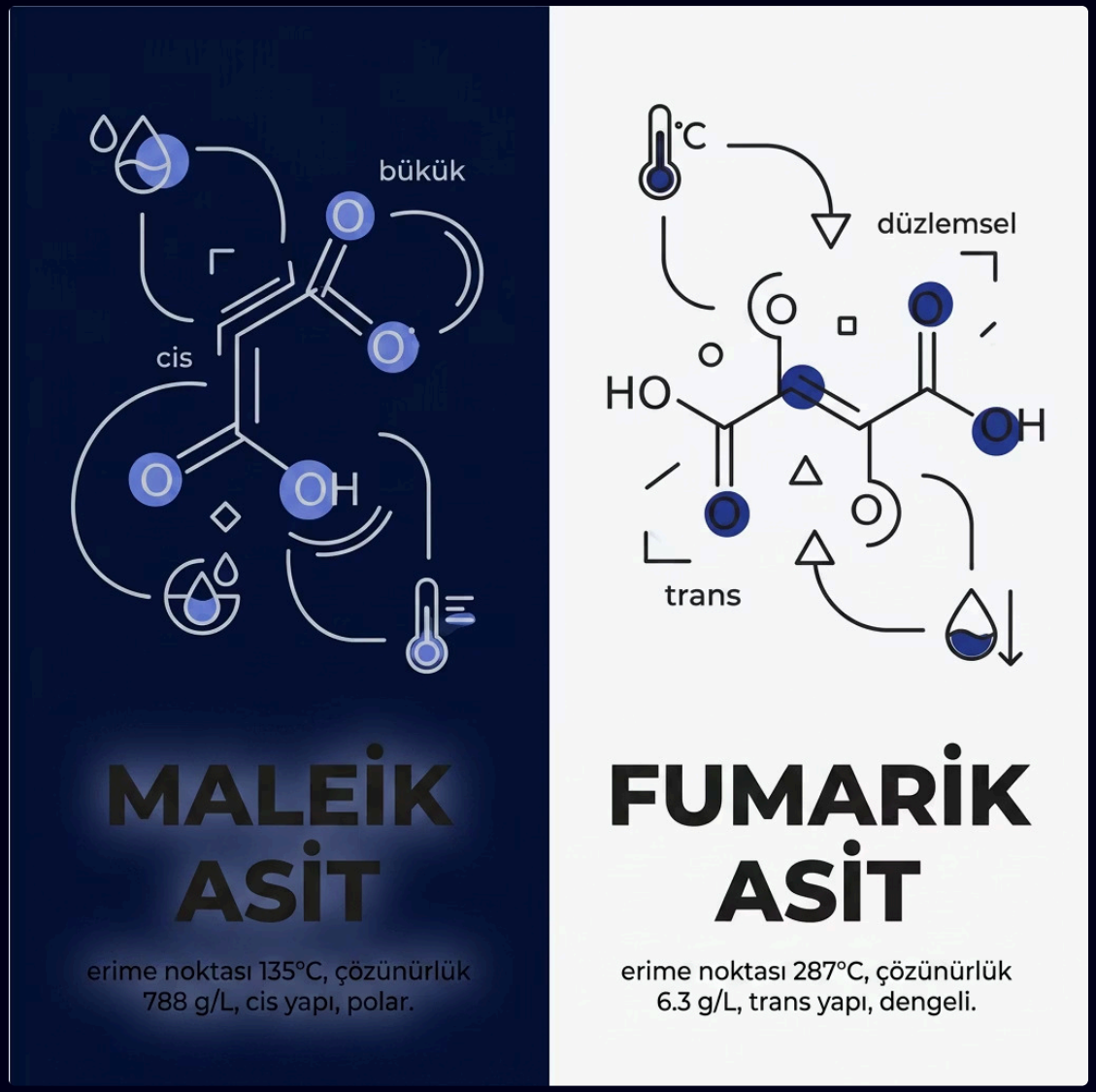
Maleik Asit ve Fumarik Asit: Aynı Atomlar, Zıt Karakterler

Her iki molekül de $C_4H_4O_4$ formülündedir; yani atom sayısı ve türü birebir aynıdır. Tek fark, karboksil gruplarının çift bağın hangi tarafına yerleştirildiğidir.

- **Maleik asit (cis):** Gruplar aynı tarafta → bükük, polar yapı
- **Fumarik asit (trans):** Gruplar zıt tarafta → düzlemsel, dengeli yapı

> 🤔 *Sadece bir yönelim farkı nasıl bu kadar büyük sonuçlar doğurabilir?*

Geometrik Farkın Fiziksel Yansımaları



Maleik asidin bükük yapısı su molekülleriyle kolayca etkileşime girer; suda çözünürlüğü yaklaşık **788 g/L**'dir ve erime noktası yaklaşık **135 °C**'dir.

- Fumarik asidin düzlemsel yapısı kristal örgüsünde muazzam bir sıkılıkla kenetlenir
- Fumarik asidin erime noktası **287 °C**'ye çıkar; suda çözünürlüğü ise yalnızca **6,3 g/L**'dir

Maleik Asit (cis)
135 °C erime · 788 g/L çözünürlük

Fumarik Asit (trans)
287 °C erime · 6,3 g/L çözünürlük

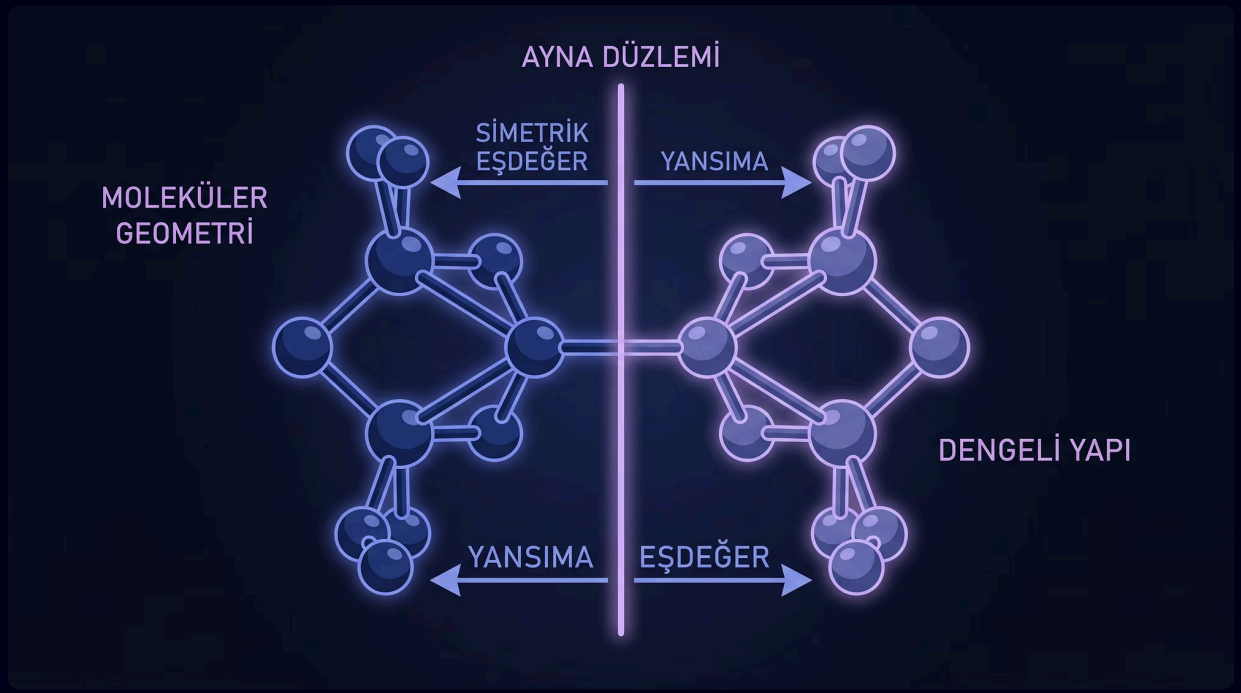
Bir Bağın Yönü: Şerbet mi, Taş mı?

Sadece bir bağın yönünü değiştirmek, suda şerbet gibi çözünen bir maddeyi neredeyse taş gibi çözünmeyen bir maddeye dönüştürür.

- Bu, malzemenin değil, malzemeye nakşedilen **geometrik nizamın** sonucudur
- Atomlar birer hammaddedir; onlara form ve özellik veren, üzerlerindeki hassas düzendir

Temel İlke

Aynı atomlar → farklı geometri → tamamen farklı fiziksel özellikler. Belirleyici olan form, hammadde değil.



Mezo Bileşikler: Simetrinin Dengeleyici Gücü

Mezo bileşikler, kiralite potansiyeli taşıdığı hâlde kendi içine yerleştirilen bir **simetri düzlemi** nedeniyle bu özelliği kaybeden moleküllerdir.

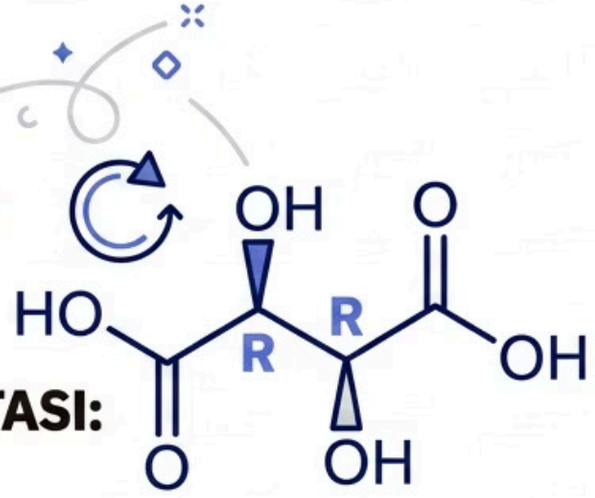
- Molekülün bir yarısı ışığı sağa çevirmeye programlanmışken, diğer yarısı tam eşit miktarda sola çevirir
- Bu duruma **molekül içi kompanzasyon** denir; sonuç mükemmel bir dengedir

Simetri düzlemi → iç kompanzasyon → optik inaktivite

Mezo-Tartarik Asit: Denge Hâlinde Bir Molekül

(2R,3R)-TARTARİK ASİT

OPTİK ROTASYON:
+12°

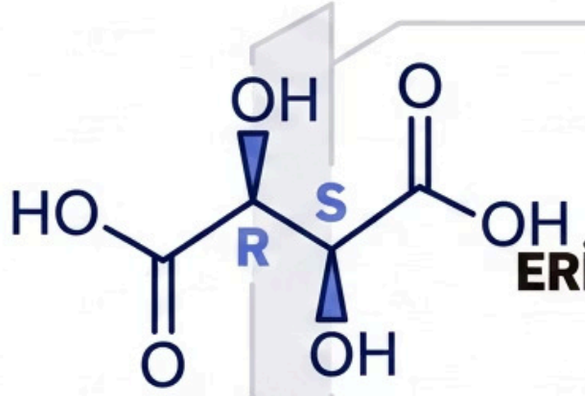


ERİME NOKTASI:
170°C

YOĞUNLUK:
1.76 g/cm³

KİRAL

MEZO-TARTARİK ASİT(2R,3S)



OPTİK ROTASYON:
0°

ERİME NOKTASI:
140°C

YOĞUNLUK:
1.666 g/cm³

KİRAL DEĞİL
İÇ KOMPANZASYON

Tartarik asidin **(2R,3R)** formu ışığı **+12°** sağa çevirir; erime noktası **170 °C**, yoğunluğu **1,76 g/cm³**'tür.

- Mezo-tartarik asit **(2R,3S)** ise ışığı hiç çevirmez — iç kompanzasyonla sıfırlanmıştır
- Erime noktası **140 °C**, yoğunluğu **1,666 g/cm³**'tür; kiral kardeşinden tamamen farklı bir karaktere sahiptir

+12°

(2R,3R) Optik Rotasyon

0°

Mezo Optik Rotasyon

Kiralite Potansiyeli Olan Ama Kiral Olmayan Molekül

Mezo bileşik, kiral merkezlere sahip olmasına rağmen kiral değildir.

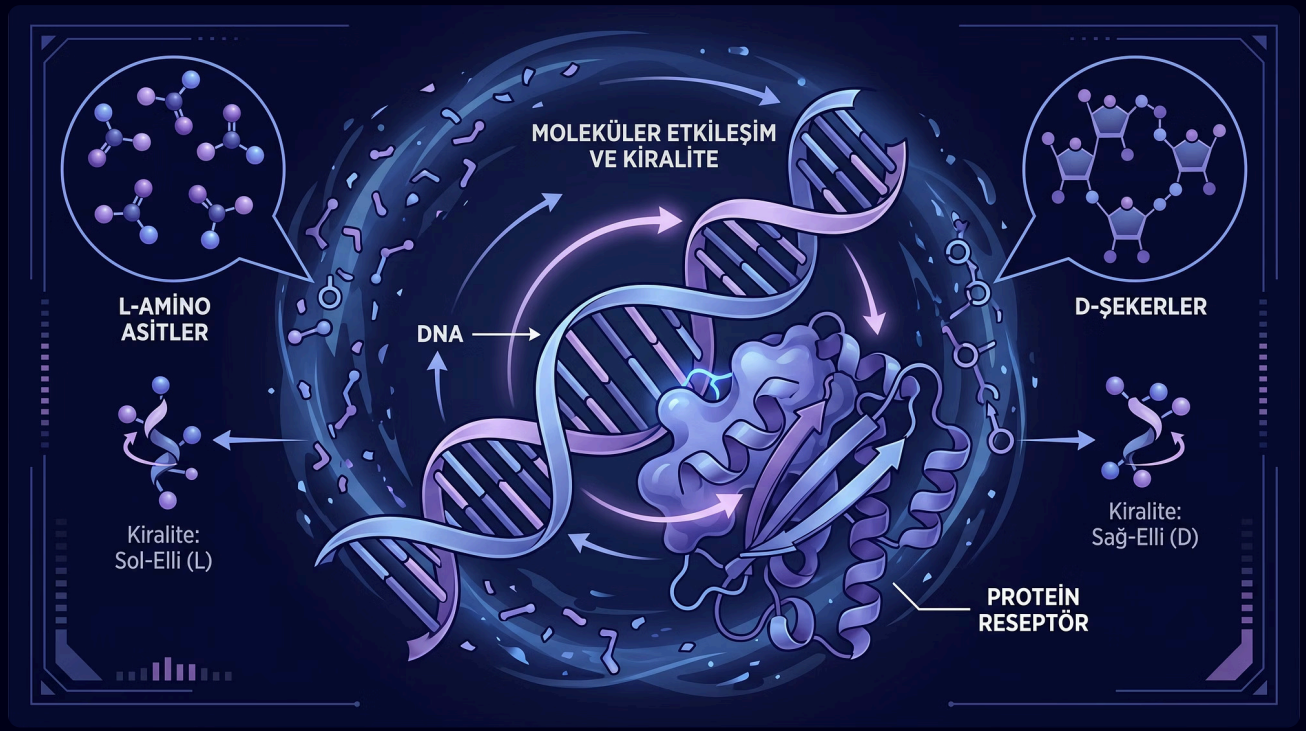
Hareketi Olan, Sükûnette Kalan

Bu, hareketi olan ama sükûnette kalan; potansiyeli olan ama simetri tarafından dengelenen bir yapıdır

Optik İnaktivite

Zıt eğilimler bir araya getirilerek **optik inaktivite** doğurulmuştur

> 🤔 *Bir molekülün içine tam olarak birbirini sıfırlayan iki zıt etki yerleştirmek sence nasıl bir tasarım gerektirir?*



Canlı Beden: Kiral Bir Ortam

Canlı organizmalar, kiral bir ortam olarak tanzim edilmiştir. Proteinler, enzimler, DNA ve hücre reseptörleri belirli bir elliğe sahiptir: genellikle **L-amino asitler** ve **D-şekerler** kullanılır.

- Vücuda giren bir molekülün sağ veya sol elli olması, biyolojik yanıtı kökten değiştirir
- Bu nedenle bir ilacın geometrisi, biyolojik etkinliği doğrudan belirler

L-Amino Asitler

Proteinlerin yapı taşı

D-Şekerler

Enerji metabolizmasının temeli

Anahtar-Kilit Uyumu

Sağ eliniz yalnızca sağ eldivene sığar; sol eldiven ne kadar benzer görünse de uymaz. Kiral bir ilaç molekülü (anahtar) vücuttaki kiral reseptöre (kilit) bağlanırken, molekülün üç boyutlu şekli reseptörün cebine tam oturmalıdır.

1

Doğru Geometri

Anahtar kilide girer → biyolojik etki gerçekleşir → tedavi sağlanır

2

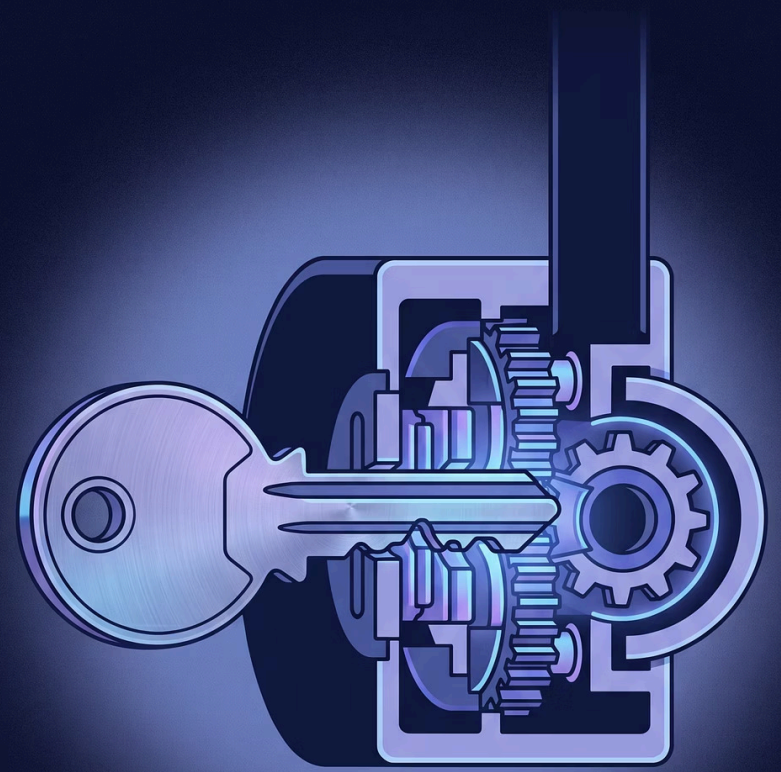
Yanlış Geometri

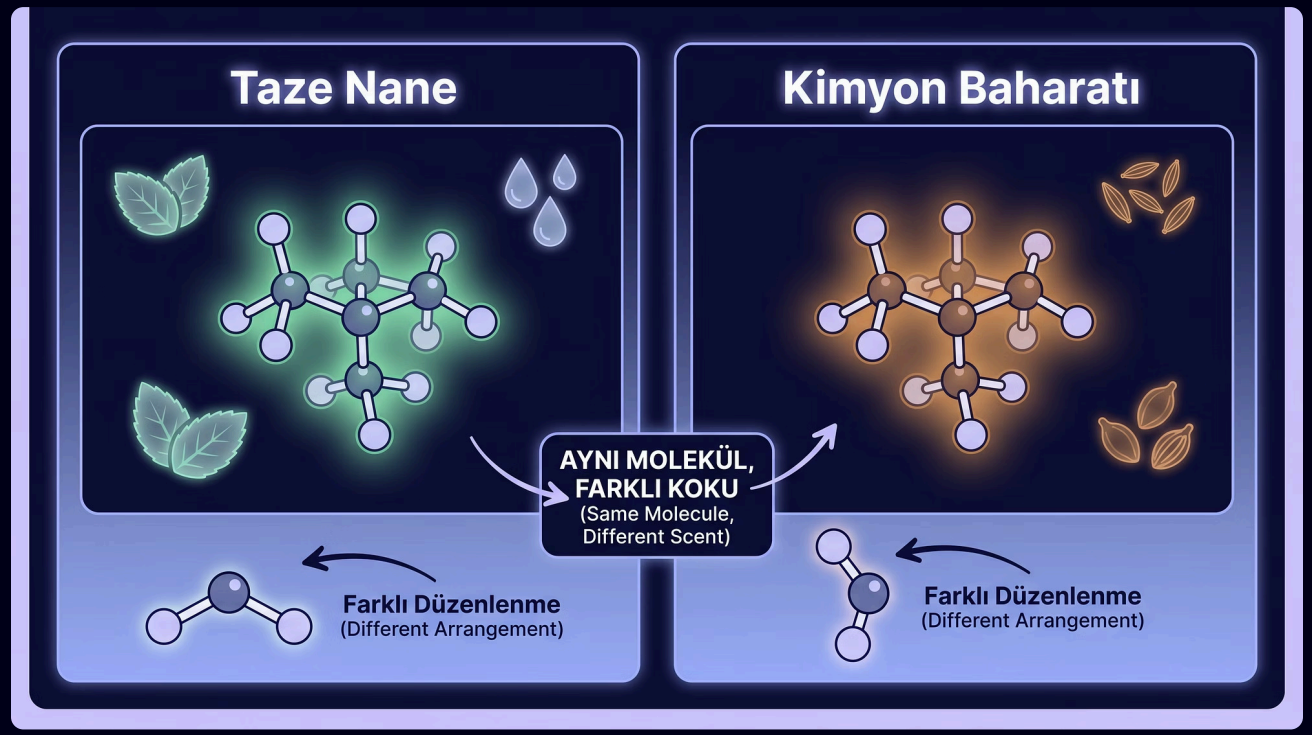
Anahtar kilide girmez → etki gerçekleşmez → ilaç işe yaramaz

3

Tehlikeli Geometri

Yanlış geometri kilidi kırabilir → istenmeyen yan etkiler ortaya çıkabilir



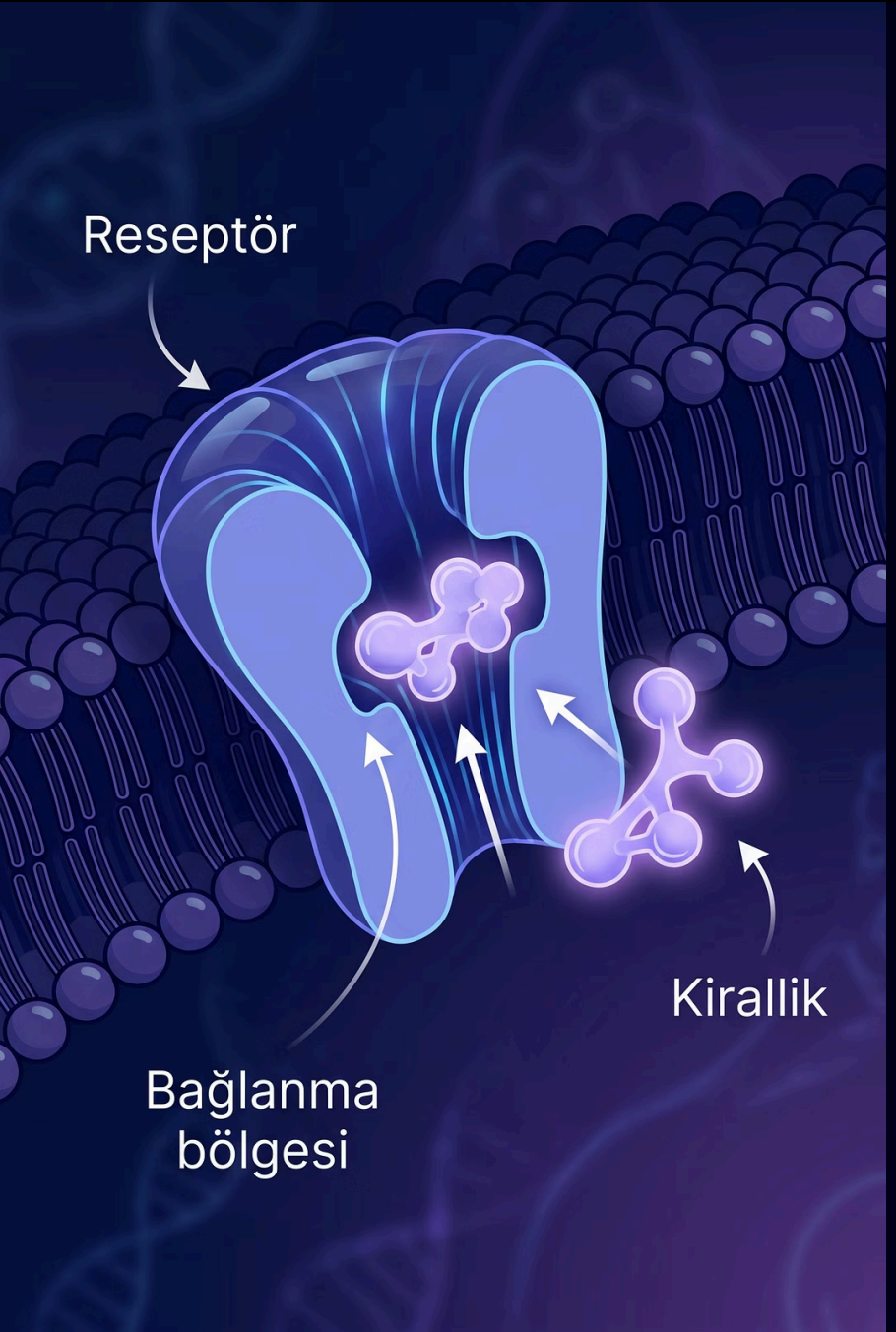


Carvone: Aynı Atomlar, İki Farklı Koku

(R)-(-)-Carvone burnumuzdaki reseptörlere bağlandığında beyin bunu **nane** kokusu olarak algılar.

- Aynı molekülün yalnızca ayna görüntüsü olan **(S)-(+)-Carvone** ise **kimyon** kokusu olarak algılanır
- Atomlar aynı, bağlar aynı — değişen tek şey uzaydaki yönelim

(R)-(-)-Carvone	(S)-(+)-Carvone
🌿 Nane kokusu	🌾 Kimyon kokusu



Koku Reseptörlerindeki Hassas Tanıma

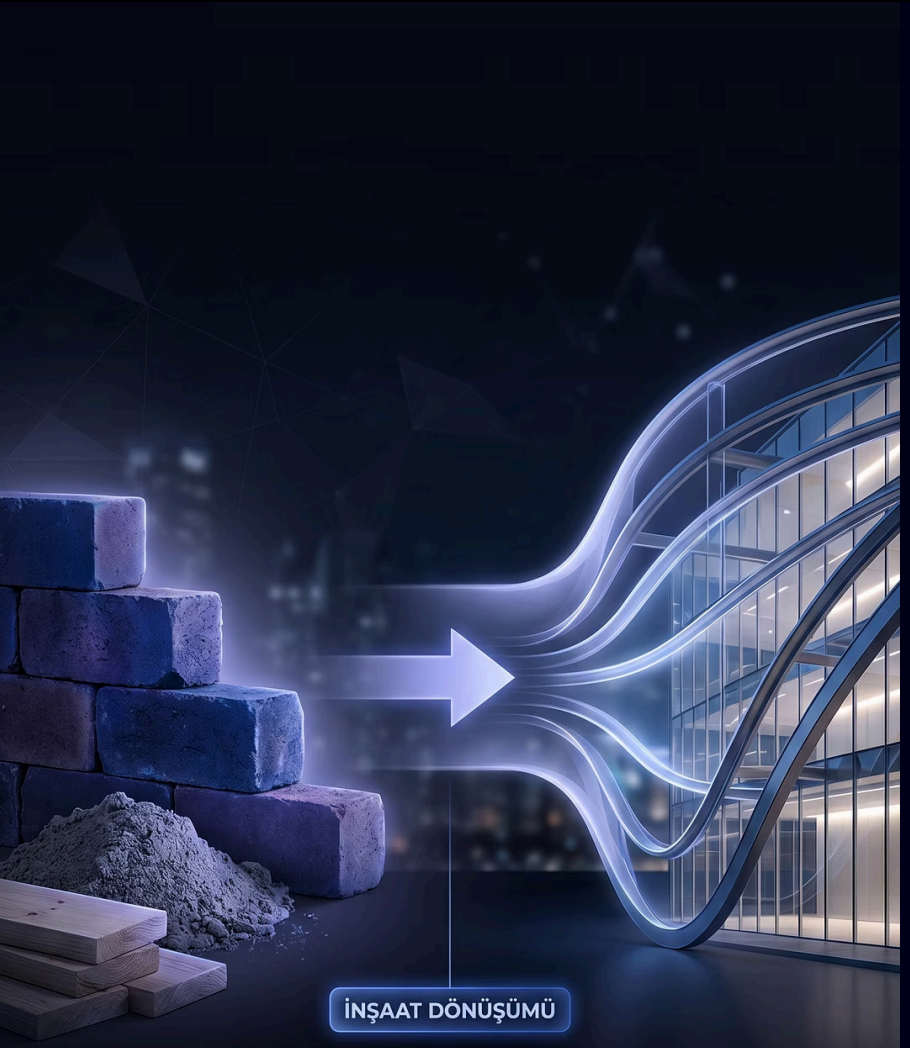
Burnumuzdaki koku reseptörleri kiral proteinlerdir; moleküllerin şeklini muazzam bir hassasiyetle tanırlar.

- "Ferahlık" ve "baharat" algısı, karbon atomlarının uzaydaki milimetrik duruş farkına kodlanmıştır
- Bu hassas tanıma, reseptörü ve bitkiyi aynı geometrik dilde buluşturan bir tasarımın eseridir

> 🤔 *Gözü, kulağı, aklı olmayan bir protein molekülü, milimetrenin milyonda biri kadar bir farkı nasıl ayırt ediyor olabilir?*

Hassasiyet Boyutu

Kiral reseptör → geometrik tanıma → milimetrenin milyonda biri kadar fark → "ferahlık" veya "baharat" algısı



Hammadde mi, Form mu? Asıl Belirleyici Hangisi?

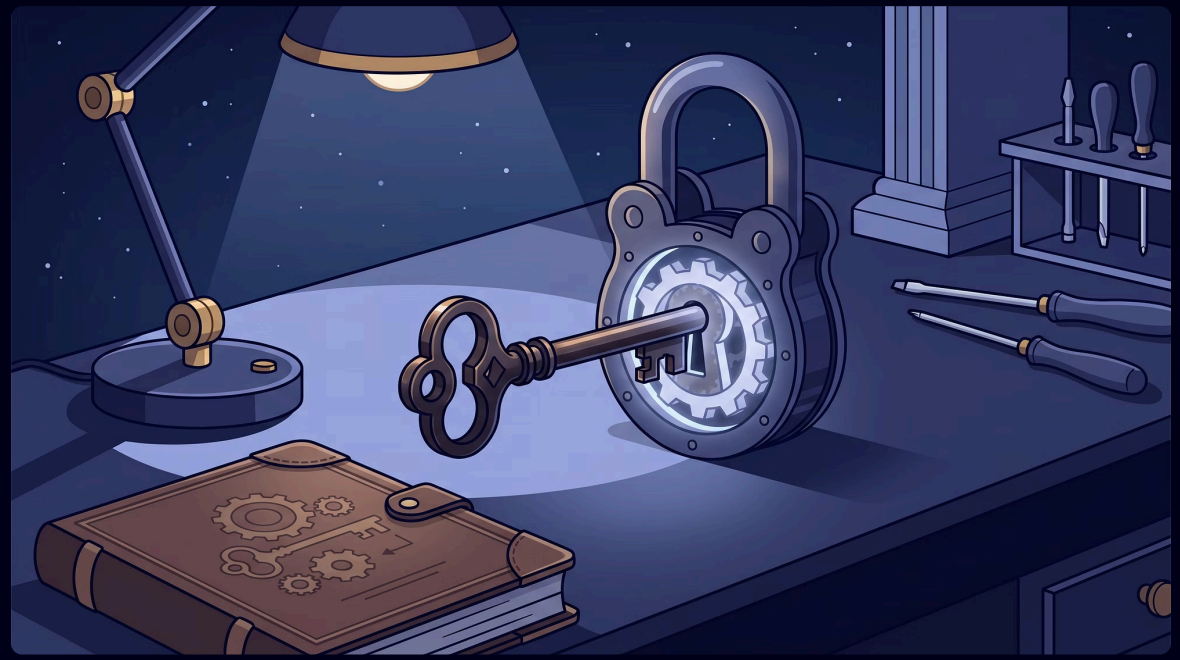
Aynı $C_4H_4O_4$ formülü; bir durumda suda hızla çözünen, diğer durumda çözünmeyen iki farklı maddeyi oluşturur.

Atomlar Hammaddedir

Tıpkı hattatın mürekkebi veya mimarın tuğlası gibi — ham, anlamsız, şekilsiz

Form Belirleyicidir

Onlara "şifa", "zehir", "koku" veya "tat" özelliğini kazandıran, geometrik düzeni ve formu tayin eden üst bir nizamdır



Tesadüfün Sınırı: Seçicilik Nereden Geliyor?

Bir enzim, milyonlarca molekül arasından yalnızca kendi şekline uygun olanı, üstelik o molekülün yalnızca doğru diastereomerini seçip alır.

- Bir kapı kilidinin anahtarı tanıması, kilidin akıllı olduğunu değil, kilidi ve anahtarı birbirine uyumlu tasarlayan ustanın ustalığını gösterir
- Bu "tanıma" ve "seçicilik", molekülün kendisine verilemeyecek kadar yüksek bir ilim ve tasarım gerektirir

Enzim seçiciliği → diastereomer tanıma → tesadüfün ötesinde bir nizam

Derse Genel Bir Bakış: Simetri, Asimetri ve Anlam

Diastereomerler, mezo bileşikler ve biyolojik seçicilik bir arada okunduğunda ortaya çıkan tablo şudur:

Sonsuz Çeşitlilik

Aynı atomlardan, yalnızca geometri değiştirilerek sonsuz çeşitlilikte farklı özellikler üretilir

Hassas Nizam

Mezo bileşiklerdeki iç denge, diastereomerlerdeki keskin fark ve reseptörlerdeki hassas tanıma — hepsi şaşmaz bir ölçünün, ince bir hesabın izlerini taşır

Tasarımın Tezahürü

Moleküler mimarideki bu hassas nizam, atomların başıboş bir savrulmasının değil, ilim, irade ve kudret sahibi bir yaratıcının tasarımının tezahürüdür